Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 27 (1983) 23-32. Palma de Mallorca.

LA FRANJA DUNAR DE LA BAHÍA DE ALCÚDIA (MALLORCA). II.- EVALUACIÓN DE UNA PERTURBACIÓN PÍRICA, PRIMEROS RESULTADOS.

A. MARTINEZ TABERNER[1]

RESUMEN. Sobre un sistema dunar se ha estudiado el efecto de una perturbación pírica mediante el análisis comparativo entre la zona alterada por el incendio, a tres años de la perturbación (recuperación), y la zona adyacente inalterada (control) mediante la aproximación a los siguientes análisis:
a. Análisis de la recuperación obtenido sobre los resultados de la similaridad entre las estaciones de los transectos de control y de recuperación.
b. Análisis del cambio de estructura que se ha expresado con dendrogramas realizados sobre matrices de similaridad para la zona de control y de recuperación.
c. Análisis de la estabilidad basado en los resultados de la diversidad y la equitabilidad para la zona alterada e inalterada.

SUMMARY. The consequences of piric disturbance has been studied in a sand dune ecosystem by means of a comparative analysis between a disturbed zone (recuperation) and an unaltered zone adjacent to it (control).

The following analysis were made:
a. Recovery analysis by means of similarity values between correlative plots in a control and recuperation transects.
b. Structural change analysis by means of dendrograms arise to matrix of control and recuperation zones.
c. Stability analysis based on the diversity and equitability valours of the unaltered and disturbed zones.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los procesos de sucesión mueve una parte importante del pensamiento ecológico actual, (ODUM, 1969, HORN, 1974), puesto que tales procesos són el marco que encauza la evolución de las especies (MARGALEF, 1968, BEER, 1961).

(1) Departament de Biologia, Facultat de Ciències, Universitat de Palma de Mallorca.

El caso que nos ocupa es el de la sucesión pírica, la cual es un ejemplo de sucesión temporal secundaria (HORN, 1974) cuyo origen es el momento del incendio. Esta perturbación transitoria (JACOBS, 1975) desencadena un proceso de reconstitución (FOLCH y CASTELLO, 1976) que depende de la capacidad de autoorganizaciónb del sistema, en contra del incremento de "stress" ligado a la perturbación y del incremento de pobabilidad de nuevas perturbaciones.

Se pretende en este estudio conocer y registrar la dinámica sucesional; sin embargo, se presenta un particular doble problema, puesto que el gradiente ambiental general motivado por la combustión de la parte aerea de las plantas, se situa sobre un sistema dunar sometido a un gradiente ambiental litoral típico y conocido desde antiguo (COWLES, 1899, OOSTING and BILLINGS, 1942). Este hecho obliga a establecer un control en la zona inalterada adyacente con la perturbada que, por otra parte, es extrapolable al estado original del sistema.

METODOLOGÍA

Una vez obtenida la cuantificación de la vegetación de la forma expuesta en la primera parte, hemos pasado al tratamiento numérico de los datos, el cual se basa fundamentalmente en el siguiente índice inspirado en la lógica de JACCARD (1902).

$$S_{1,2} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (n_{i,\ (\text{min. } 1 \text{ ó } 2)})}{N_1 + N_2 - \sum_{i=1}^{n} (n_{i,\ (\text{min. } 1 \text{ ó } 2)})}$$

siendo:

$n_{i,\ (min.\ 1\ ó\ 2)}$, *el valor menor de cobertura de la especie i en el inventario 1 o en el inventario 2.*

N_1, *cobertura total del inventario 1.*
N_2, *cobertura total del inventario 2.*

El indice puede ser empleado tanto para el estudio de la comunidad como para el estudio de las poblaciones, según se utilicen las especies o los inventarios como descriptores.

La estructura de la comunidad se representa por dendrogramas realizados

a partir de las matrices de similaridad de las poblaciones y de las diferentes estaciones del sistema dunar en los dos estados. El algoritmo utilizado para la representación fue el introducido por SNEATH (1957) con el nombre de "nearest-neighbour" o metodo del mínimo (CUADRAS, 1981). Para conocer la fiabilidad de las representaciones se ha utilizado la correlación cofenética propuesta por SOKAL & ROHLF (1962).

Una vez obtenidas las matrices de similaridad para la zona de control y de recuparación t_3 se ha aplicado el siguiente índice para cada especie.

$$I.C.R._i = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (S_{i,j} - S_{i',j'})^2}}{(n-1)}$$

siendo:

$S_{i,j}$= *valor de similaridad entre la especie i y la j en el estado de control.*
$S_{i'j'}$= *valor de similaridad entre la especie i' y la j'en el estado de recuperación.*

Este índice valora el cambio de relaciones de similaridad de cada especie con el resto de especies al pasar de un estado a otro. Si la comunidad restablece su estructura original, el índice se hará mínimo, si por el sontrario dentro de una estabilidad de trayectoria (ORIANS, 1975) se evoluciona hacia otro tipo de estructura, este índice aumentará hasta un punto donde teoricamente deberá estabilizarse.

Las diversidades se han tomado partiendo de porcentajes de cobertura normalizados sobre superficies de 500 m^2 siguiendo la formula de SHANON & WEAVER (1963) y la equitabilidad dividiendo esta por la máxima posible (SHELDON, 1969).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del analisis de recuperación de la comunidad, realizado mediante el cálculo de similaridad entre los transectos de control y de recuperación t_3, se deduce una tendencia general dirigida a un incremento de la velocidad de recupera-

ción a medida que nos alejamos del mar. En el transecto se dan dos máximos que corresponden a los lugares más protegidos de la influencia marina (Fig. 1); en consecuencia interpretamos que la recuperación viene condicionada por la morfología dunar y limitada por el gradiente de influencia marina, el cual actua como una continua carga de "stress" dentro del sistema. Hasta que esta carga no pueda ser concentrada mayoritariamente sobre la primera duna, la madurez original no podrá ser alcanzada.

Para visualizar el cambio de estructura de la comunidad se realizaron las matrices de similaridad para las poblaciones de control y de recuperación por separado, con el proposito de cuantificar posteriormente el cambio ocurrido. Se exponen únicamante 20 de las 49 especies registradas en la zona de control y 35 de las 77 de la zona de recuperación debido a que las representaciones totales acumulaban demasiado error y no eran interpretables facilmente, sin

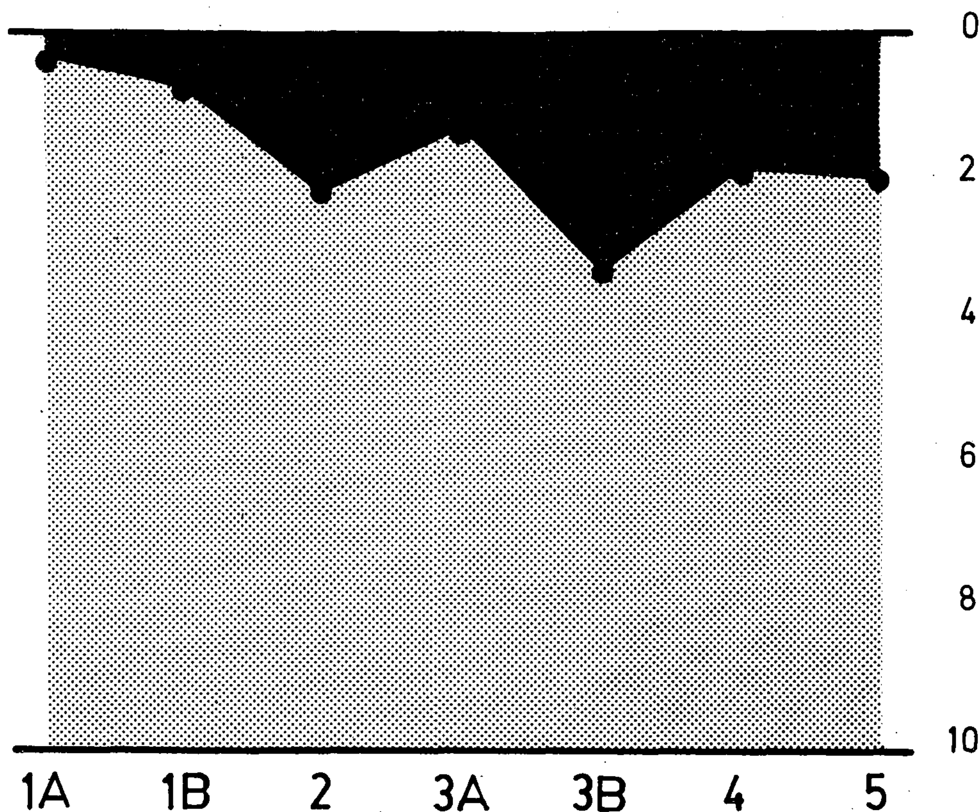


Fig. 1.

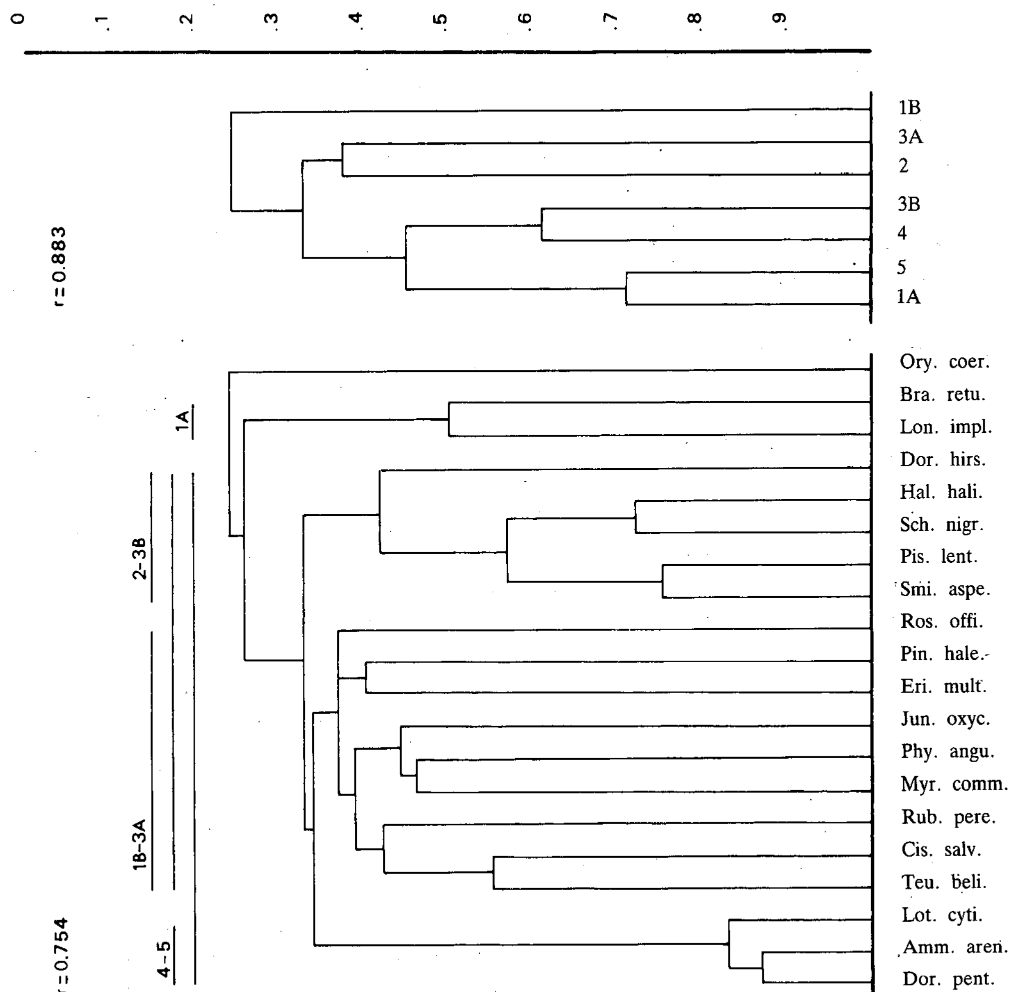


Fig. 2.

embargo con 20 y 35 especies las correlaciones cofenéticas se mantienen en un buen margen (SOKAL & ROHLF, 1962). Se han añadido los dendrogramas de asociación de las estaciones de la comunidad a pesar de estar obtenidos sobre información redundante porque resultan útiles para la interpretación.

En la zona de control, la comunidad queda estructurada en cuatro divisiones (Fig. 2.) La primera viene representada por especies afines que corresponden a la estación 1A, diferenciada del resto de estaciones; es el frente de exposición. En el resto se diferencia la zona interior representada por las estaciones 4 - 5, y un subresto que incluye las zonas del sistema dunar menos expuestas a la influencia marina y las más expuestas; són las estaciones 2 - 3B y 1B - 3A respectivamente.

En la zona de recuperación, las estaciones y las poblaciones quedan poco diferenciadas exceptuando el frente de exposición (Fig. 3). La conclusión que

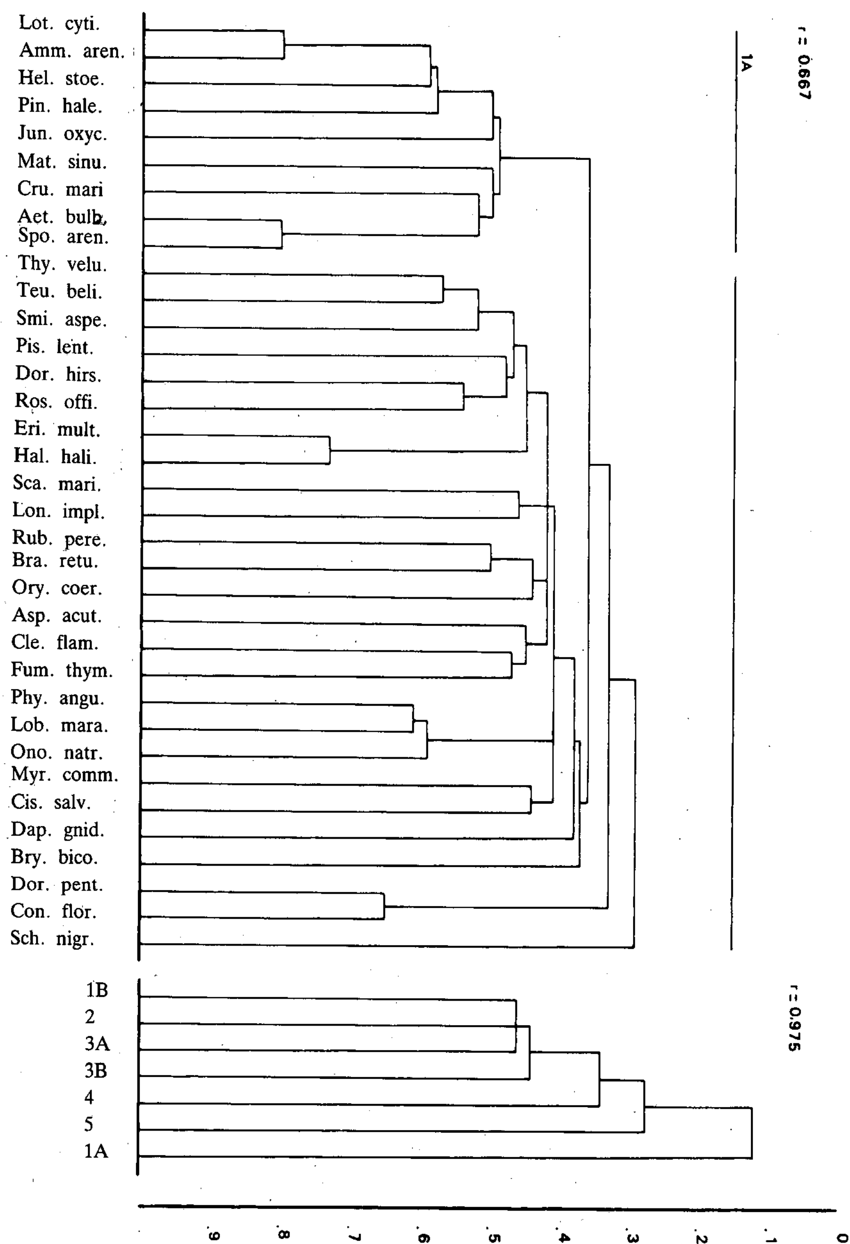

Lot. cyti.
Amm. aren.
Hel. stoe.
Pin. hale.
Jun. oxyc.
Mat. sinu.
Cru. mari
Aet. bulb.
Spo. aren.
Thy. velu.
Teu. beli.
Smi. aspe.
Pis. lent.
Dor. hirs.
Ros. offi.
Eri. mult.
Hal. hali.
Sca. mari.
Lon. impl.
Rub. pere.
Bra. retu.
Ory. coer.
Asp. acut.
Cle. flam.
Fum. thym.
Phy. angu.
Lob. mara.
Ono. natr.
Myr. comm.
Cis. salv.
Dap. gnid.
Bry. bico.
Dor. pent.
Con. flor.
Sch. nigr.
1A
r = 0.667
1B
2
3A
3B
4
5
1A
r = 0.975
.9
.8
.7
.6
.5
.4
.3
.2
.1
0

Fig. 3.

extraemos y que posteriormente se verá reforzada con los resultados de la diversidad y la equitabilidad, es que existe una fuerte homogeneización en el sistema en recuperación y en consecuencia una perdida de la estructura original.

Las diversidades (Fig. 4), presentan en la zona de control unas oscilaciones que siguen la pauta de las velocidades de recuperación (Fig. 1), esto es, una tendencia al aumento del valor de diversidad a medida que nos alejamos del foco de la sucesión. Existen también dos máximos que corresponden a las zonas más abrigadas y determinan el efecto de la influencia marina sobre la diversidad como cabía esperar (GARCIA-ALBA y MIGUEL MOREY, 1981).

En la zona perturbada podría esperarse una disminución de la diversidad pero tal predicción no se confirma despues de los incendios (LUSSENHOP 1976, MARGALEF, 1980). En el sistema dunar perturbado, la diversidad ha aumentado en todas las estaciones del transecto dunar (Fig. 4), quedando homogeneizada sobre los 3.5 bits para el conjunto del sistema. Este hecho viene motivado por la situación caótica ocasionada por la entrada de especies oportunistas indiferentes a la estructura del sistema.

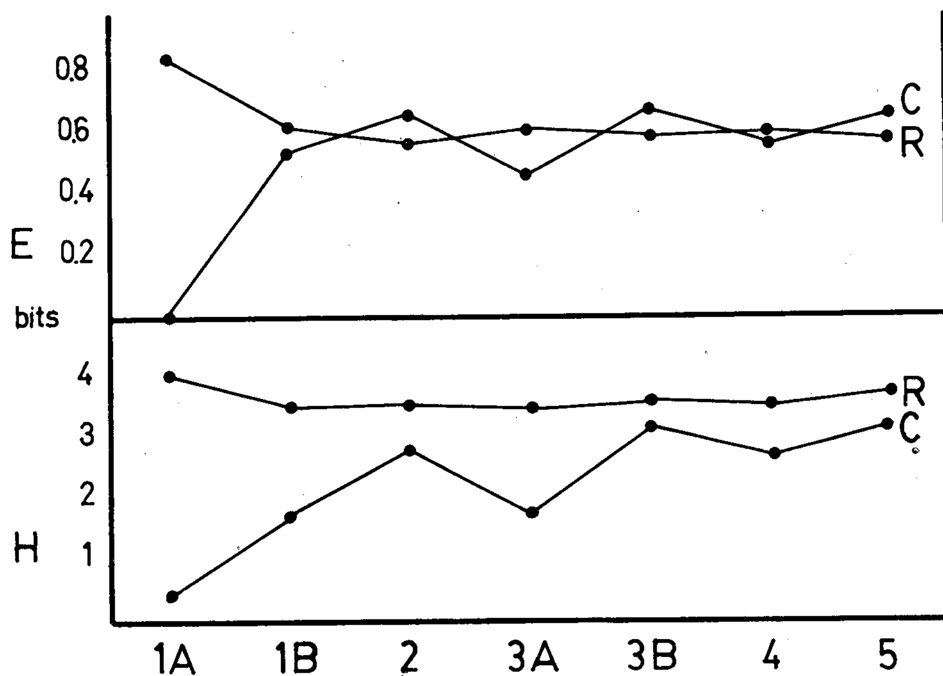


Fig. 4.

El cálculo de la equitabilidad ha resultado redundante puesto que sigue la linea de la diversidad (Fig. 4.).

El índice de cambio de relaciones se ha aplicado a todas las especies, sin embargo estas medidas son puntuales por ahora y sobre ellas no pueden extraerse conclusiones. El indice tiene una amplitud tal que:

O I.C.R. 1

En la actualidad el valor medio obtenido para las especies es de 0.15.

CONCLUSIONES

Partiendo de los transectos realizados sobre un sistema dunar en estado de recuperación posterior a un incendio (3 años) y los transectos de la zona adyacente inalterada, utilizada como control se estudia:

a.– El analisis de la recuperación mediante el calculo de similaridad entre las estaciones de control y de recuperación.

b.– El analisis de la estructura expresandola en dendrogramas obtenidos de matrices de similaridad de las poblaciones y de las diferentes estaciones del sistema.

c.– El analisis de la estabilidad basado en los resultados de la diversidad y la equitabilidad.

Estos tres analisis conducen ha pensar que el sistema está sometido a un gradiente de influencia marina que estructura el sistema inalterado en diversos niveles de madurez, según su intensidad. Por otra parte, actua como factor limitante de la recuperación del sistema alterado, el cual se caracteriza por una fuerte homogeneización a partir del frente de exposición.

Cabe destacar la fuerte relación entre la velocidad de recuperación de las diferentes estaciones y la diversidad de estas mismas en su estado inalterado. La explicación más sencilla es que tanto la diversidad en el control como la velocidad de recuperación están en función del mismo factor; la influencia marina.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi gratitud por su estímulo y ayuda a R. Mejías y A. Font, así como a los Drs. A. Escarrer, Ll. Llorens, G. Moyá y J. Terradas por todos sus consejos y sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

COWLES, H. C. 1899.– The ecological relation of the vegetation of sand dunes of lake Michigan. Bot. Gaz. 27, in: *The physiographic ecology of Chicago.* Ebenda 31 1901.

CUADRAS, C. M. 1981.– *Metodos de analisis multivariante* Ed. EUNIBAR 642 pp. Barcelona.

GARCIA-ALBA, J. y MOREY, M. 1981.– La vegetación de las dunas litorales y su relación con la morfología dunar y el gradiente de influencia marina. *Mediterranea* 5. 3-22.

HORN, H. S. 1974.– The ecology of secundary succession. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 5. 25-37.

JACCARD, P. 1902.– Lois de distribution florale dans la zone alpine. *Bull. Soc. Vand. Sc. Nat.* 38.

JOHNSON, S. C. 1967.– Hierarchical clustering schemes. *Psychometricka,* 32. 241-254.

JACOBS, J. 1980.– Diversidad, estabilidad y madurez en ecosistemas influidos por las actividades humanas. en: *Conceptos Unificadores en Ecología.* Ed Blume 236-262, Barcelona. 1975.– *Unifying Concepts in Ecology Ed. W.H. van Dobben & R.H. Lowe-McConnell.*

LUSSENHOP, J. 1976.– Soil artropod response to prairie burning. *Ecology,* 57. 88-98.

MARGALEF, R. 1968.– *Perspectives in Ecological Theory,* Chicago Univ. Press. 111 pp. Chicago.

MARGALEF, R. 1980.– *La Biosfera, entre la Termodinámica y el Juego.* Ed Omega 235 pp. Barcelona.

ODUM, E. P. 1969.– The Strategie of Ecosystem Development. *Science* 164. 262-270.

ORIANS, G. H. 1980.– Diversidad, estabilidad y madurez en ecositemas naturales. en: *Conceptos Unificadores en Ecología.* Ed. Blume 174-189. Barcelona. 1975.– *Unifying Concepts in Ecology.* Ed. W. H. van Dobben & R. H. Lowe-McConnell.

SHANNON, C. E. & WEAVER, W. 1963.– *The Mathematical Theory of Communication.* Univ. of Illinois Press. 117 pp. Urbana.

SHELDON, A. L. 1969.– Equitability indices: dependence on the species count. *Ecology* 50 466-467.

SNEATH, P. H. A. 1975.– The application of computers to taxonomy. *J. Gen. Micro.* 17. 201-226.

SOKAL, R. R. & ROHLF, F. F. 1962.– The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon* 11 (2) 33-40.